St. Lawrence TECHNOLOGIES

ABSTRACT

Ore-processing technologies have a great deal of potential for use in extracting contaminants from contaminated soil, sediment and sludge. Unfortunately, there is very little information available on this potential or on the limitations of existing environmental characterization methods in the treatment or reclamation of such contaminated matrices.

The assessment protocol presented here is modeled on ore-processing methods which locate the contaminants contained in the different grain-size fractions and identify their mineral composition and physical properties. The most appropriate and most economical treatment technologies are then selected and their performance verified and validated by means of treatment tests on the target matrices, both in the lab and at the semi-industrial scale.

INNOVATIVE TOOL

ASSESSMENT PROTOCOL OF THE APPLICABILITY OF ORE-PROCESSING TECHNOLOGIES TO TREAT CONTAMINATED SOIL, SEDIMENT AND SLUDGE

MAIN FEATURES

- **Overall approach**
  - Contaminated matrices are considered as low-grade ores
  - Methodology facilitates and accelerates the choice of the most efficient separation techniques
- **Ore characterization**
  - Information on contaminant particle-size distribution
  - Identification of form, physical properties and degree of liberation
- **Ore-processing technologies**
  - Proven and economical technologies based on simple principles of physical separation
  - Demonstrated effectiveness in extracting and reclaiming organic metals and contaminants

Saint-Laurent Vision 2000

Environment Canada Protection Québec Region
Environnement Canada Protection Région du Québec

Université du Québec
Institut national de la recherche scientifique
INRS-Géoressources

CENTRE DE RECHERCHE MINÉRALE

Federal Office of Regional Development (Québec)
Bureau fédéral de Développement régional (Québec)

BACKGROUND

The use of ore-processing technologies for environmental applications such as soil, sediment and sludge decontamination is a relatively new field. One of the advantages of these technologies is that they are based on simple principles of physical separation.

In general, ore-separation technologies — whether by gravity concentration, flotation, magnetic or electrostatic separation — are less costly to operate than thermal or chemical technologies.

Unlike conventional environmental characterization methods, standard ore characterization methods were developed to identify the technologies suitable to the concentration and treatment of ore. These methods were adapted for environmental purposes with the aim of identifying the extractible forms of the contaminants so as to select the most appropriate treatment technologies.

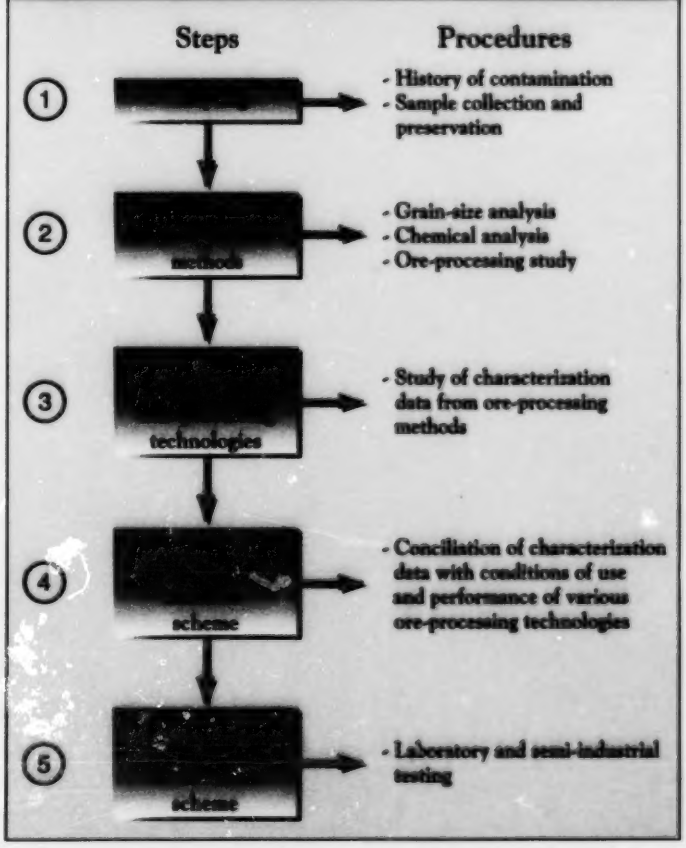
METHODOLOGY

Ore processing is defined as the group of ore treatment processes which concentrate the minerals in question in order to reduce the subsequent volume requiring costly treatment.

As shown in Figure 1, the assessment protocol of the treatability of soil, sediment and sludge using ore-processing technologies has five phases, each of which comprises different processes and analyses.

Among other things, an ore-processing study can identify mineral composition, determine bulk density, identify particle surface, ferromagnetic property and conductivity, and assess the degree of liberation of the inorganic contaminants present.

FIGURE 1.
STEPS IN THE ASSESSMENT PROTOCOL OF THE TREATABILITY OF SOIL, SEDIMENT AND SLUDGE USING ORE-PROCESSING TECHNOLOGIES



RESULTS

Using information obtained in the characterization study, the applicability of ore-processing technologies is then examined and the appropriate equipment selected.

As shown in Table 1, each type of technology requires precisely defined conditions of use relative to the different properties of the particles. The equipment selection strategy is shown in Figure 2.

The contaminated material must first be separated, either by screening or by classification. Each fraction so separated can then be treated using one or more of the four different technologies shown in Figure 2.

A preliminary treatment scheme is then prepared. It may be validated and optimized based on laboratory or semi-industrial testing.

FIGURE 2.
STRATEGY FOR THE SELECTION OF ORE-PROCESSING TECHNOLOGIES

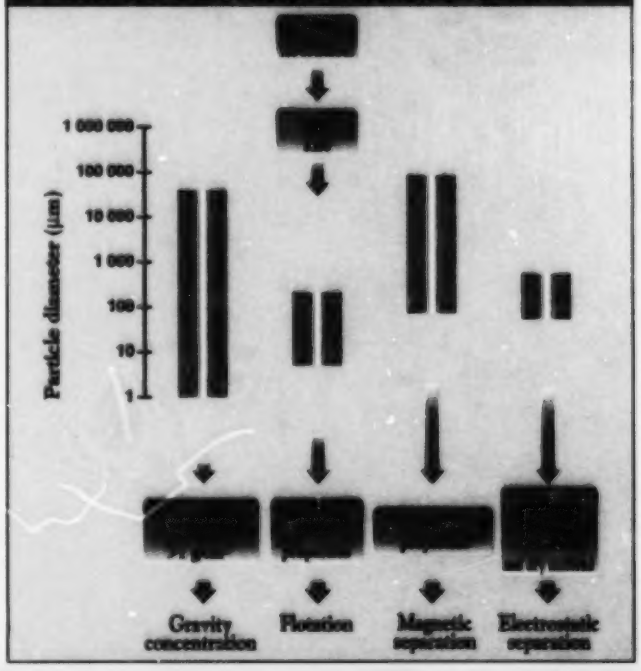


TABLE 1.
OPERATING PRINCIPLES AND CONDITIONS OF USE OF ORE-PROCESSING TECHNOLOGIES

Type of technology	Operating principle	Conditions of use
Gravity concentration (dense media separator, spiral separator, multi-gravity separator, etc.)	Difference in bulk density of ores	- Particle size > 1 µm - Difference in bulk density of materials > 1 g/cm^3 - Elevated degree of liberation of inorganic contaminants
Flotation (flotation cell and column)	Hydrophobic and hydrophilic properties of particule surfaces	- Particle size > 5 µm - Surface of particles to be separated exhibiting natural or chemically-stimulated hydrophobic properties - Average degree of liberation of inorganic contaminants (unagglomerated or melted form, or chemically associated with the matrix)
Magnetic separation (magnetic conveyor, wet drum separator)	Magnetic property of minerals	- Metal contaminants exhibiting ferromagnetic properties (iron, magnetite) - Particle size > 75 µm - Average degree of liberation of inorganic contaminants
Electrostatic separation (electrostatic or electrodynamic separator)	Difference in electrical conductivity of minerals	- Particle size between 60 and 500 µm - Elevated degree of liberation of inorganic contaminants - Materials to be separated must be perfectly dry

PROJECT OBJECTIVES

This project describes a protocol to determine the applicability of ore-processing technologies for the characterization and decontamination of soil, sediment and sludge. Developed by INRS-Georessources and the Quebec government's Centre de Recherches Minérales, this protocol makes it possible to locate contaminants in the various grain-size fractions and to determine their mineral composition, with the aim of assessing their treatability using equipment employed in the mining industry.

The project was undertaken by the Environmental Innovation Section of Environment Canada. Among other priorities and objectives, this team works to develop guidebooks for assessing environmental technologies, to assist project promoters, consultants, universities, research centres and managers in the planning, designing, assessment and completion of decontamination projects.

This project was also intended to demonstrate the expertise, the analytic capacity and the different types of equipment available at Quebec universities and research centres, and to do treatability testing on soil, sediment, sludge and other industrial and municipal waste.

BACKGROUND

The use of ore-processing technologies is common practice in applications such as soil, sediment and sludge decontamination. Exclusively now intended for the treatment of these technologies is that they are based on simple principles of physical separation.

In conventional separation technologies — whether by gravity concentration, flotation, magnetism or electrostatic separation — the less costly to operate than other physical-chemical technologies.

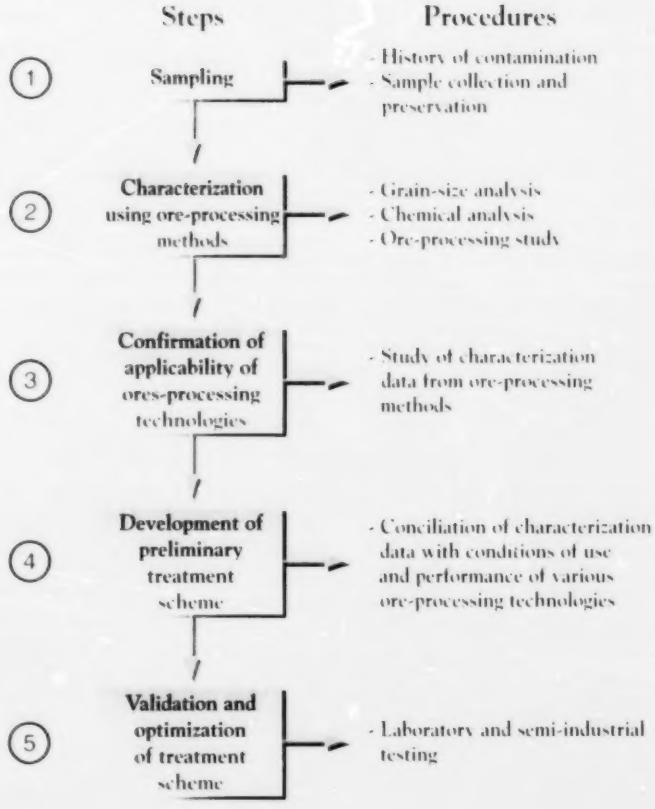
Unlike conventional environmental characterization methods, standard ore characterization methods were developed to identify the technologies suitable for the concentration and treatment of ores. These methods were adapted for environmental purposes with the aim of identifying the extractable forms of the contaminants so as to select the most appropriate treatment technologies.

METHODOLOGY

Ore processing is defined as the group of treatment processes which concentrate the minerals in question in order to reduce the subsequent volume required for costly treatment.

As shown in the flowchart, the assessment protocol for the treatability of soil, sediment and sludge using ore-processing technologies has five phases, each of which comprises different processes and analyses.

Among other things, ore-processing studies identify mineral composition, determine bulk density, identify particle surface, ferromagnetic property and conductivity, and assess the degree of liberation of the inorganic contaminants present.



101-06815/

RESULTS

Using information obtained in the characterization study, the applicability of ore-processing technologies is then examined and the appropriate equipment selected.

As shown in Table 1, each type of technology requires precisely defined conditions of use relative to the different properties of the particles. The equipment selection strategy is shown in Figure 2.

The contaminated material must first be separated, either by screening or by classification. Each fraction so separated can then be treated using one or more of the four different technologies shown in Figure 2.

A preliminary treatment scheme is then prepared. It may be validated and optimized based on laboratory or semi-industrial testing.

FIGURE 2.
STRATEGY FOR THE SELECTION OF ORE-PROCESSING TECHNOLOGIES

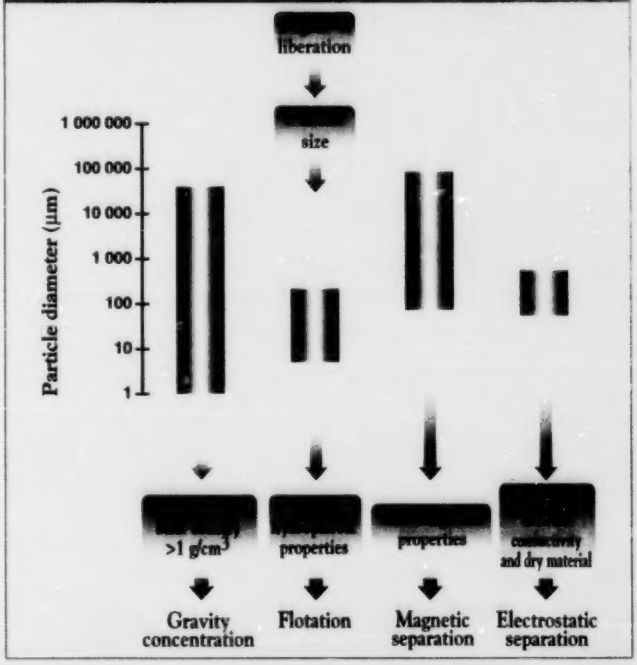


TABLE 1.
OPERATING PRINCIPLES AND CONDITIONS OF USE OF ORE-PROCESSING TECHNOLOGIES

Type of technology	Operating principle	Conditions of use
Gravity concentration (dense media separator, spiral separator, multi-gravity separator, etc.)	Difference in bulk density of ores	- Particle size > 1 µm - Difference in bulk density of materials > 1 g/cm^3 - Elevated degree of liberation of inorganic contaminants
Flotation (flotation cell and column)	Hydrophobic and hydrophilic properties of particule surfaces	- Particle size > 5 µm - Surface of particles to be separated exhibiting natural or chemically-stimulated hydrophobic properties - Average degree of liberation of inorganic contaminants (unagglomerated or melted form, or chemically associated with the matrix)
Magnetic separation (magnetic conveyor, wet drum separator)	Magnetic property of minerals	- Metal contaminants exhibiting ferromagnetic properties (iron, magnetite) - Particle size > 75 µm - Average degree of liberation of inorganic contaminants
Electrostatic separation (electrostatic or electrodynamic separator)	Difference in electrical conductivity of minerals	- Particle size between 60 and 500 µm - Elevated degree of liberation of inorganic contaminants - Materials to be separated must be perfectly dry

POTENTIAL AND LIMITATIONS

Potential

Ore-processing technologies can be used to economically decontaminate soil, sediment and sludge; they may also be applied to the beneficial treatment and reclamation of municipal, industrial and mining waste.

Limitations

An ore-processing approach may be employed where:
- the inorganic chemicals targeted are not chemically associated with the matrix;
- the material grain size is appropriate for separation; and
- the discrepancy between the values of one or many of physical properties of contaminants is large enough to allow separation.

Material with an average particle diameter smaller than 35 µm is not easily decontaminated using the physical treatment processes described in the lengthier final report.

Although, hydrometallurgical and pyrometallurgical technologies are not described in the report, the analytic methods proposed therein may be used to determine their applicability .

INFORMATION

This data sheet is based on research projects of the national scientific research centre INRS-Géoressources and the Centre de Recherches Minérales of the Quebec natural resources ministry. The projects received funding from Environment Canada. Also available, a lengthier document based on these projects, titled:

"*Assessment protocol of the applicability of ore-processing technologies to treat contaminated soil, sediment and sludge*".

For additional information, contact:

Environment Canada
Eco-Technology Innovation

Jean-René Michaud
P. Eng., M. Sc. A.
Tel: (514) 496-6851
E-mail:
jear.-rene.michaud@ec.gc.ca

INRS-Géoressources

Mario Bergeron, Ph.D.
Tel: (418) 654-2611
E-mail:
mbergeron@gsc.NRCan.gc.ca

Centre de Recherches Minérales

Denis Blackburn, P. Eng, M.Sc.
Tel: (418) 643-9602
E-mail:
dblackb@riq.qc.ca

POTENTIAL AND LIMITATIONS

Potential Limitations

INFORMATION

St. Lawrence TECHNOLOGIES

St. Lawrence Technologies data sheets are intended for all companies, industries, organizations and individuals interested in new environmental technologies. They are produced by the Eco-Technology Innovation Section, Environment Canada, as part of St. Lawrence Vision 2000. They serve to disseminate the results of technology development and demonstration projects conducted in the following five sectors: industrial wastewater; contaminated soil; hazardous wastes; contaminated sediment and innovative tool.

Data sheets may be obtained from:
Environment Canada
Eco-Technology Innovation Section
105 McGill Street, 4th Floor
Montreal (Quebec) H2Y 2E7
Tel: (514) 496-6851
1-800-463-4311

Publications are available on the Green Lane:
http://www.qc.doe.ca

Production:
Suzie Thibodeau

Writers:
Anne Gosselin
Jean-René Michaud

Layout:
Suzie Thibodeau

Editor:
Patricia Potvin

Printed at:
J. B. Deschamps Inc.

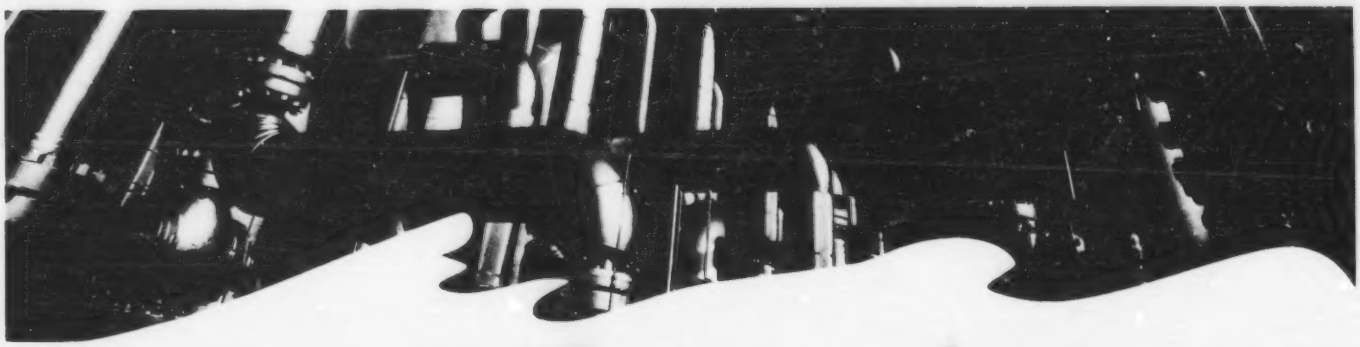
Published by authority of the Minister of the Environment
© Minister of Public Works and Government Services Canada, 1997
Cat. No. : En 1-17 / 34-1997E
ISSN : 1188-8903
ISBN : 0-662-26388-1

March 1998

Cette fiche est également disponible en français sous le titre :

Protocole d'évaluation de la traitabilité des sédiments, des sols et des boues à l'aide des technologies minéralurgiques

Canada



TECHNOLOGIES *Saint-Laurent*

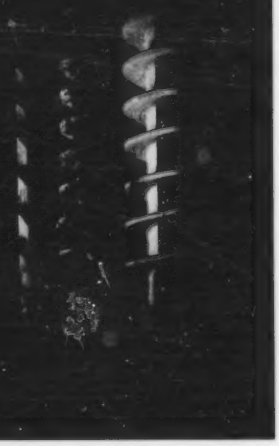
RÉSUMÉ

Les technologies de traitement de minerais offrent un potentiel considérable pour extraire les contaminants des sols, des sédiments et des boues contaminés. Malheureusement, les méthodes actuelles de caractérisation environnementale nous renseignent très peu sur leur potentiel et leurs limites pour traiter ou valoriser ces matrices contaminées.

Le protocole d'évaluation de la traitabilité présenté s'inspire de l'approche minéralurgique qui permet de localiser les contaminants dans les différentes tranches granulométriques et d'identifier leur composition minéralogique et leurs propriétés physiques afin de sélectionner par la suite les technologies les plus appropriées et les plus économiques. Les performances des technologies sélectionnées sont ensuite confirmées et validées par des essais de traitement des matrices ciblées à l'échelle du laboratoire et semi-industrielle.

OUTIL NOVATEUR

PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE LA TRAITABILITÉ DES SÉDIMENTS, DES SOLS ET DES BOUES À L'AIDE DES TECHNOLOGIES MINÉRALURGIQUES



POINTS SAILLANTS

- **Approche globale**
  - Matrices contaminées considérées comme un minerai à faible concentration
  - Méthodologie qui facilite et accélère le choix des technologies de séparation les plus performantes
- **Caractérisation minéralurgique**
  - Informations sur la distribution granulométrique des contaminants
  - Identification de leurs formes, de leurs propriétés physiques et de leur degré de libération
- **Technologies minéralurgiques**
  - Technologies éprouvées et économiques reposant sur des principes simples de séparation physique
  - Efficacité démontrée pour extraire et valoriser les métaux et les contaminants organiques

Saint-Laurent Vision 2000

Environment Canada Protection Québec Region

Environnement Canada Protection Région du Québec

Université du Québec
Institut national de la recherche scientifique
INRS-Géoressources

CRM
CENTRE DE RECHERCHE MINÉRALE

Bureau fédéral de Développement régional (Québec)

Federal Office of Regional Development (Québec)

PROBLÉMATIQUE

L'utilisation des technologies minéralurgiques pour des applications environnementales comme la décontamination des sédiments, des sols et des boues est un domaine relativement récent. Il s'agit d'une approche avantageuse car ces technologies reposent sur des principes physiques assez simples de séparation.

De façon générale, les technologies minéralurgiques de séparation, soit par concentration gravimétrique, flottation, séparation magnétique ou électrostatique, sont parmi les moins onéreuses à exploiter comparativement aux technologies par voie thermique ou chimique.

Contrairement aux méthodes conventionnelles de caractérisation environnementale, les méthodes standard de caractérisation des minerais ont été développées afin d'identifier les technologies appropriées pour la concentration et le traitement des minerais. Ces méthodes ont donc été adaptées à des fins environnementales dans le but d'identifier sous quelles formes extractibles se présentent les contaminants afin de pouvoir sélectionner les technologies de décontamination les plus appropriées.

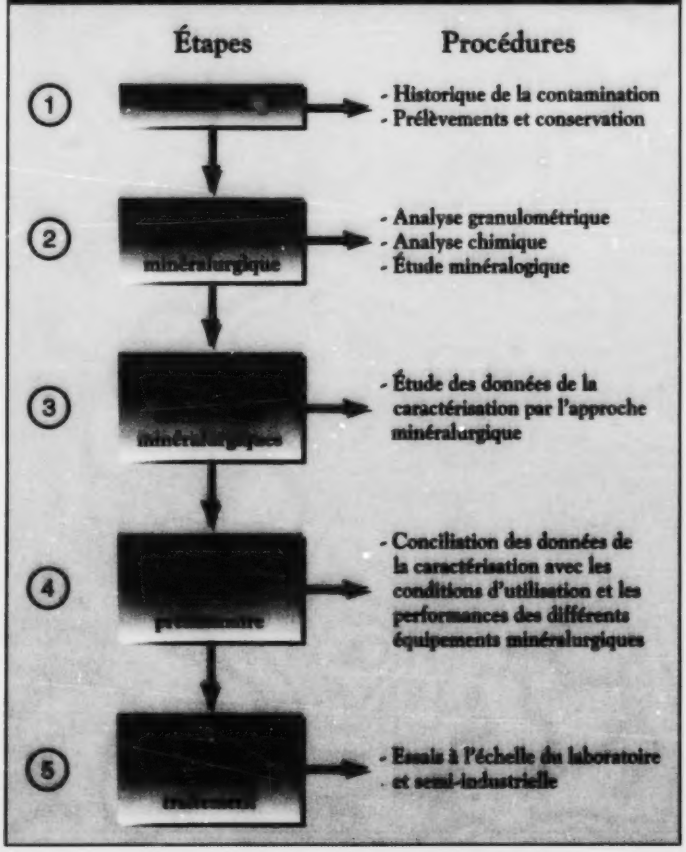
MÉTHODOLOGIE

La minéralurgie est définie comme l'ensemble des procédés de traitement de minerais qui ont pour fonction de concentrer les minéraux d'intérêt afin de réduire le volume subséquemment traité par des procédés plus coûteux.

Tel qu'illustré à la figure 1, le protocole d'évaluation de la traitabilité des sédiments, des sols et des boues à l'aide de technologies minéralurgiques se déroule en cinq étapes, chacune comportant différentes procédures et analyses.

L'étude minéralurgique permet entre autres l'identification de la composition minéralurgique, la détermination des masses volumiques, l'identification des propriétés des surfaces, ferromagnétiques et de conductivité des particules ainsi que l'évaluation du degré de libération des contaminants inorganiques présents.

FIGURE 1.
ÉTAPES DU PROTOCOLE D'ÉVALUATION DE LA TRAITABILITÉ DES SÉDIMENTS, DES SOLS ET DES BOUES PAR DES TECHNOLOGIES MINÉRALURGIQUES



RÉSULTATS

À l'aide des informations obtenues grâce à la caractérisation par l'approche minéralurgique, l'applicabilité des technologies minéralurgiques est examinée et les équipements minéralurgiques appropriés sont sélectionnés.

Tel que montré au tableau 1, chaque type de technologie nécessite des conditions d'utilisation précises portant sur diverses propriétés des particules. La stratégie de sélection des équipements minéralurgiques est présentée à la figure 2.

Comme l'utilisation de chaque technologie est restreinte à des plages granulométriques bien définies, les matériaux contaminés devront d'abord subir une étape de séparation par tamisage ou classification. Chacunes des fractions ainsi séparées pourront ensuite être traitées à l'aide d'une ou plusieurs des quatres types de technologies identifiés à la figure 2.

Un schéma préliminaire de traitement peut alors être élaboré. Ce dernier pourra ensuite être validé et optimisé à l'aide d'essais à l'échelle du laboratoire et semi-industrielle.

FIGURE 2.
STRATÉGIE DE SÉLECTION DES TECHNOLOGIES MINÉRALURGIQUES

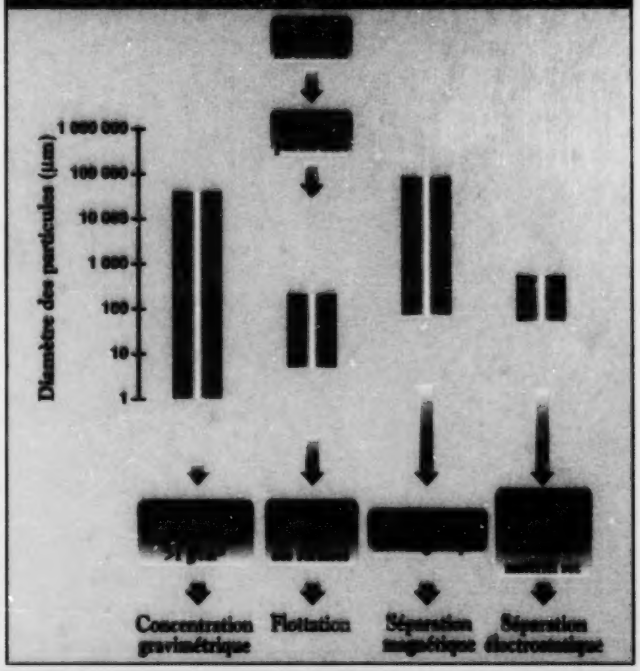


TABLEAU 1.
PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT ET CONDITIONS D'UTILISATION DES TECHNOLOGIES MINÉRALURGIQUES

Type de technologie	Principe de fonctionnement	Conditions d'utilisation
Concentration gravimétrique (séparateurs par milieu dense, spirales, séparateur à gravité multiple,etc.)	Différence de masse volumique entre les minéraux	- Taille des particules supérieure à 1 µm - Différence entre les masses volumiques des matériaux à séparer supérieure à 1 g/cm³ - Degré élevé de libération des contaminants inorganiques
Flottation (cellule et colonne de flottation)	Propriétés hydrophobes et hydrophiles des surfaces des particules	- Taille des particules supérieure à 5 µm - Surfaces des particules à séparer démontrant des propriétés hydrophobes naturelles ou stimulées (ajout de réactifs chimiques) - Degré moyen de libération des contaminants inorganiques (formes non agglomérées, fondues ou associées chimiquement à la matrice)
Séparation magnétique (convoyeurs à tête magnétique, séparateurs humides à tambour)	Propriétés magnétiques des minéraux	- Contaminants métalliques présentant des propriétés ferromagnétiques (fer, magnétite) - Taille des particules supérieure à 75 µm - Degré moyen de libération des contaminants inorganiques
Séparation électrostatique (séparateurs électrostatique ou électrodynamique)	Différence de conductivité électrique entre les minéraux	- Taille des particules comprise entre 60 et 500 µm - Degré élevé de libération des contaminants inorganiques - Les matériaux à séparer doivent être parfaitement secs

OBJECTIFS DU PROJET

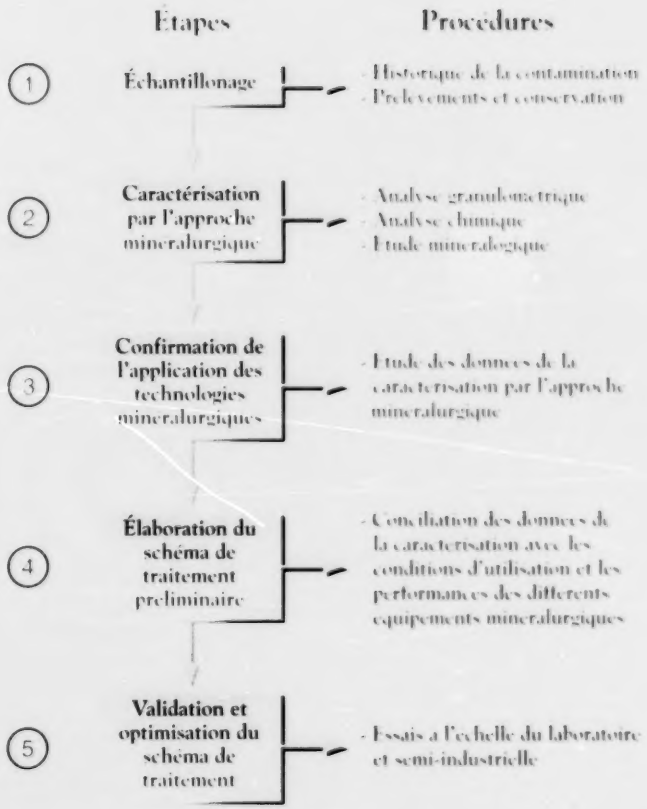
Ce projet vise à décrire un protocole développé par l'INRS-Géoressources et le Centre de recherches minerales pour la caractérisation et la décontamination des sols, des sédiments et des boues au moyen de technologies utilisées en mineralurgie, et son applicabilité. Ce protocole permet de localiser les contaminants dans les différentes tranches granulométriques et de préciser leur composition minéralogique afin d'évaluer leur traitabilité par des équipements utilisés dans l'industrie minière.

Le projet s'inscrit dans les objectifs et les priorités de la Section Éco-Innovation technologique d'Environnement Canada qui visent notamment à développer des guides d'évaluation des technologies environnementales de façon à aider les promoteurs, les consultants, les universités, les centres de recherche et les gestionnaires dans la planification, la conception, l'évaluation et la réalisation de projets de décontamination.

Un autre objectif était de démontrer l'expertise, les capacités analytiques et les divers équipements disponibles dans les universités et centres de recherche québécois pour la réalisation d'essais de traitabilité des sols, sédiments, boues et autres déchets industriels et municipaux.

PROBLÉMATIQUE

MÉTHODOLOGIE



RÉSULTATS

À l'aide des informations obtenues grâce à la caractérisation par l'approche minéralurgique, l'applicabilité des technologies minéralurgiques est examinée et les équipements minéralurgiques appropriés sont sélectionnés.

Tel que montré au tableau 1, chaque type de technologie nécessite des conditions d'utilisation précises portant sur diverses propriétés des particules. La stratégie de sélection des équipements minéralurgiques est présentée à la figure 2.

Comme l'utilisation de chaque technologie est restreinte à des plages granulométriques bien définies, les matériaux contaminés devront d'abord subir une étape de séparation par tamisage ou classification. Chacunes des fractions ainsi séparées pourront ensuite être traitées à l'aide d'une ou plusieurs des quatres types de technologies identifiés à la figure 2.

Un schéma préliminaire de traitement peut alors être élaboré. Ce dernier pourra ensuite être validé et optimisé à l'aide d'essais à l'échelle du laboratoire et semi-industrielle.

FIGURE 2.
STRATÉGIE DE SÉLECTION DES TECHNOLOGIES MINÉRALURGIQUES

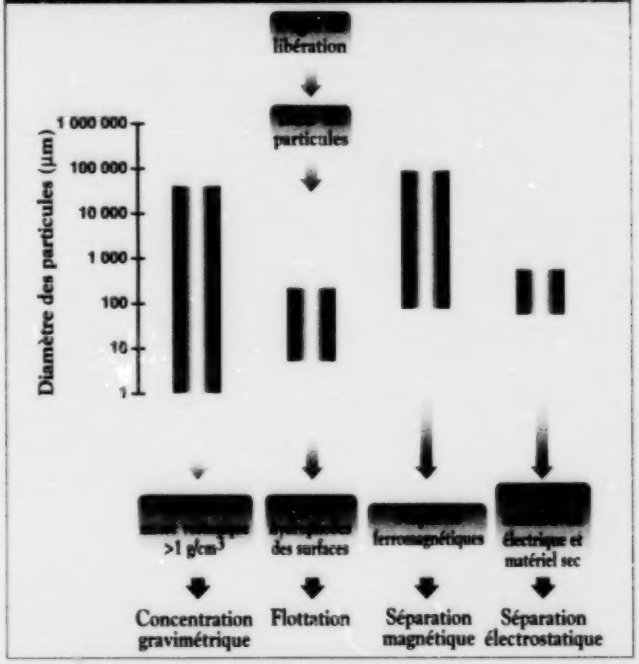


TABLEAU 1.
PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT ET CONDITIONS D'UTILISATION DES TECHNOLOGIES MINÉRALURGIQUES

Type de technologie	Principe de fonctionnement	Conditions d'utilisation
Concentration gravimétrique (séparateurs par milieu dense, spirales, séparateur à gravité multiple,etc.)	Différence de masse volumique entre les minéraux	- Taille des particules supérieure à 1 µm - Différence entre les masses volumiques des matériaux à séparer supérieure à 1 g/cm³ - Degré élevé de libération des contaminants inorganiques
Flottation (cellule et colonne de flottation)	Propriétés hydrophobes et hydrophiles des surfaces des particules	- Taille des particules supérieure à 5 µm - Surfaces des particules à séparer démontrant des propriétés hydrophobes naturelles ou stimulées (ajout de réactifs chimiques) - Degré moyen de libération des contaminants inorganiques (formes non agglomérées, fondues ou associées chimiquement à la matrice)
Séparation magnétique (convoyeurs à tête magnétique, séparateurs humides à tambour)	Propriétés magnétiques des minéraux	- Contaminants métalliques présentant des propriétés ferromagnétiques (fer, magnétite) - Taille des particules supérieure à 75 µm - Degré moyen de libération des contaminants inorganiques
Séparation électrostatique (séparateurs électrostatique ou électrodynamique)	Différence de conductivité électrique entre les minéraux	- Taille des particules comprise entre 60 et 500 µm - Degré élevé de libération des contaminants inorganiques - Les matériaux à séparer doivent être parfaitement secs

POTENTIEL ET LIMITES

Potentiel

En plus de permettre la décontamination économique des sols, des sédiments et des boues, les procédés minéralurgiques peuvent être aussi avantageusement appliqués pour le traitement et la valorisation des déchets municipaux, industriels et miniers.

Limites

L'applicabilité de l'approche minéralurgique peut être envisagée si :

- les contaminants inorganiques visés ne sont pas liés chimiquement à la matrice;
- les matériaux ont une granulométrie appropriée pour que leur séparation soit possible; et
- les valeurs d'une ou plusieurs de leurs propriétés physiques présentent suffisamment d'écart pour leur séparation.

Les technologiques de traitement physique décrites dans le document permettent difficilement de décontaminer des matériaux dont le diamètre moyen des particules est inférieur à 35 µm.

Les technologies hydrométallurgiques et pyrométallurgiques ne sont pas décrites, bien que les méthodes d'analyse proposées puissent être aussi utiles à la détermination de leur applicabilité.

INFORMATIONS

Cette fiche a été rédigée à partir de projets de recherche auxquels l'INRS-Géoressources (Institut national de la recherche scientifique) et le Centre de recherches minérales (ministère des ressources naturelles) ont participé. Les projets ont bénéficié d'une aide financière d'Environnement Canada. Suite à ces projets, le document suivant plus élaboré est disponible :

«Protocole d'évaluation de la traitabilité des sédiments, des sols et des boues à l'aide des technologies minéralurgiques».

Pour plus d'informations, s'adresser à :

Environnement Canada
Éco-Innovation
technologique

Jean-René Michaud,
ing., M. Sc. A.
Tél. : (514) 496-6851
Courrier élect. :
jean-rene.michaud@ec.gc.ca

INRS-Géoressources

Mario Bergeron, Ph. D.
Tél. : (418) 654-2611
Courrier élect. :
mbergeron@gsc.NRCan.gc.ca

Centre de recherches
minérales

Denis Blackburn, ing., M. Sc.
Tél. : (418) 643-9602
Courrier élect. :
dblackb@riq.qc.ca

TECHNOLOGIES *Saint-Laurent*

POTENTIEL ET LIMITES

Potentiel

Limites

INFORMATIONS

Les fiches d'information Technologies Saint-Laurent sont destinées aux entreprises, industries, organismes et personnes qui s'intéressent aux nouvelles technologies environnementales. Elles sont produites par la Section Éco-Innovation technologique, Environnement Canada, dans le cadre de Saint-Laurent Vision 2000. Elles servent à diffuser les résultats obtenus lors des projets de développement et de démonstration technologiques réalisés dans les cinq secteurs suivants : eaux usées industrielles, sols contaminés, déchets dangereux, sédiments contaminés et outil novateur.

Vous pouvez obtenir les fiches en vous adressant à :

Section Éco-Innovation technologique
Environnement Canada
105 McGill, 2e étage
Montréal (Québec), H2Y 2E7
Tél. : (514) 496-6851
1-800-463-4311
Publications disponibles sur la Voie Verte :
http://www.qc.doe.ca

Production :
Suzie Thibodeau

Rédaction :
Anne Gosselin
Jean-René Michaud

Mise en page :
Suzie Thibodeau

Révision du texte :
Monique Simond

Impression :
J. B. Deschamps Inc.

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux, Canada, 1997
No. de cat. : En 1-17 / 34-1997F
ISSN : 1188-7990
ISBN : 0-662-82516-0

Mars 1998

Also available in English under the title :

Assessment protocol of the applicability of ore-processing technologies to treat contaminated soil, sediment and sludge

Canada